

# Extraction d'uranium de l'eau de mer

par Peva BLANCHARD et Sophie GABRIEL

Les quantités d'uranium contenu dans l'eau de mer représentent des milliers d'années d'approvisionnement au rythme actuel de consommation. Cependant, même s'il est possible techniquement d'extraire de l'uranium de l'eau de mer, les estimations de coûts sont telles qu'une application industrielle n'est guère envisageable, sauf rupture technologique majeure.

L'uranium est présent dans l'eau de mer à une très faible concentration (3,3 µg/l), mais compte tenu des volumes des océans cela représente près de 4,5 milliards de tonnes d'uranium. Une telle ressource, si elle était accessible, assurerait l'approvisionnement mondial en uranium pour des milliers d'années au rythme actuel de consommation (de l'ordre de 60 000 tU en 2008).

## Processus d'extraction

La recherche sur l'extraction de l'uranium de l'eau de mer a débuté dans les années 50. Depuis, de nombreuses méthodes ont été développées et celle qui a retenu l'attention utilise le phénomène d'adsorption<sup>1</sup> : un adsorbant est immergé dans un courant d'eau de mer le temps nécessaire pour lui permettre de fixer une certaine quantité d'uranium ; il est alors retiré et traité pour récupérer cet uranium. La qualité d'un adsorbant est mesurée par sa capacité, *i.e.* la masse d'uranium collectée rapportée à la masse d'adsorbant utilisée. Cette capacité dépend de la géométrie du matériau, de la durée de l'immersion, de la température, etc.

Deux matériaux adsorbants ont été particulièrement étudiés : l'oxyde de titane hydraté (HTO) dont les premiers développements remontent aux années 60, et plus récemment, l'amidoxyme (~1980). L'oxyde de titane présente en moyenne une capacité entre 0,1 et 0,3 gU/kg-ad tandis que l'amidoxyme a une capacité entre 0,5 et 1,5 gU/kg-ad<sup>2</sup>.

## Traitement de grands volumes d'eau

La très faible concentration de l'uranium dans l'eau de mer impose de traiter de gigantesques volumes d'eau pour en récupérer des quantités significatives. Une production annuelle de l'ordre de 1 200 t, ordre de grandeur d'une mine classique, nécessiterait le traitement de l'ordre de 1 km<sup>3</sup> d'eau par jour.

Les dépenses énergétiques nécessaires au pompage de l'eau deviennent rapidement supérieures à l'énergie

que peut produire l'uranium contenu. Seuls des procédés sans pompes actifs sont énergétiquement rentables. Les chercheurs se sont orientés vers l'utilisation des grands courants naturels présents dans les océans. Par exemple, le courant Kuroshio au nord du Japon charrie près de 5,2 millions de tonnes d'uranium par an. Néanmoins, le processus d'extraction impose de nombreuses conditions (température, salinité, intensité du courant, ...) et le choix des zones maritimes est en pratique assez restreint.

Certains ont imaginé la possibilité de traiter les effluents de centrales de dessalement, mais les débits observés sont de l'ordre de 420 000 m<sup>3</sup> d'eau par jour, ce qui correspond à environ 620 kgU par an. Quand bien même tout l'uranium des effluents serait récupérable, il ne suffirait pas à assurer la consommation de la seule centrale de dessalement<sup>3</sup>. En réalité, l'extraction de l'uranium à partir des eaux rejetées par les centrales nucléaires peut éventuellement s'inscrire dans une logique de traitement des eaux usées plutôt que d'exploitation d'une nouvelle source d'uranium.

## Estimations de coûts

De nombreux modèles d'usines d'extraction ont été développés, et jusqu'à ce jour, aucun n'a mené à une application industrielle ni même semi industrielle. Le Tableau 1 présente différentes estimations du coût de l'uranium extrait de l'eau de mer, ajustées pour tenir compte de l'inflation. (Des études sont toujours en cours au Japon, mais les estimations de coûts publiées sont encore celles de 2002.)

A titre de comparaison, le prix spot de l'uranium en septembre 2010 est de 120 \$/kgU environ.

<sup>1</sup>Phénomène physique par lequel des molécules d'un liquide se fixent à la surface d'un matériau spécifique, l'adsorbant.

<sup>2</sup>Ces valeurs ne sont données que pour préciser les ordres de grandeurs. Les capacités exactes sont difficiles à estimer et il n'existe pas de procédure standard pour les mesurer.

<sup>3</sup>Un réacteur à eau pressurisée de 1 000 MWe consomme près de 150 tonnes d'uranium par an.

Source	Valeur corrigée (\$/kgU 2010)
Japon (1976)	1 600 – 3 327
Japon (1976)	1 763 – 2 500
États-Unis (1978)	12 481
Suède (1981)	681 – 1 167
Suède (1983)	341 – 1 138
États-Unis (1983)	632 – 797
Allemagne (1983)	1 138 – 1 707
Allemagne (1983)	973 – 1 913
Japon (2001)	338 - 632
Japon (2002)	282 – 361

Tableau 1 : Coûts de l'uranium extrait de l'eau de mer

Ces estimations montrent que l'uranium de l'eau de mer est, et reste, une ressource chère. De plus, la plupart des projections se fondent sur des hypothèses très optimistes, voire irréalistes. En particulier, la capacité de l'adsorbant est considérée à 6 gU/kg-ad pour les dernières estimations de coûts en 2002, alors qu'elle est plutôt inférieure à 1 gU/kg-ad dans les expériences en mer. Sachant que le coût de production est inversement proportionnel à la capacité de l'adsorbant, un coût de production de l'ordre de 300 \$/kgU, obtenu pour un adsorbant de capacité 6 gU/kg-ad, est plutôt de l'ordre de 1 800 \$/kgU dès que cette capacité est inférieure à 1 gU/kg-ad, ce qui est plus proche de la réalité expérimentale...

La Figure 1 présente l'évolution du coût lorsque la capacité varie sur la plage de valeurs présentées dans les articles (Source I-tésé).

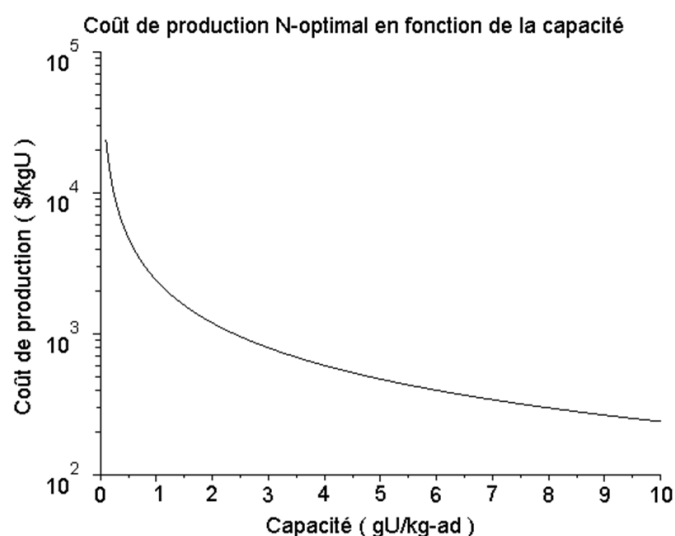


Figure 1 : Coût de l'uranium selon la capacité de l'adsorbant (Source I-tésé)

## Conclusion

Après le pic du prix de l'uranium dans les années 70, de nombreux pays ont investi dans la prospective de nouvelles ressources d'uranium y compris l'eau de mer. La technologie d'extraction de l'uranium de l'eau de mer est prouvée à l'échelle du laboratoire. Cependant, la baisse progressive du cours de l'uranium minier et les estimations économiques peu convaincantes de l'extraction de l'uranium de l'eau de mer ont mené à l'arrêt de la plupart des programmes de recherche.

La hausse des prix entre 2003 et 2008 a été trop courte pour relancer l'intérêt. Seul le Japon continue les investigations dans ce domaine.

Aujourd'hui, même s'il est possible techniquement d'extraire de l'uranium de l'eau de mer, les estimations de coûts sont telles qu'une application industrielle n'est guère envisageable, sauf rupture technologique majeure.